

# ESTABILIDADE QUÍMICA: UM OBSTÁCULO PARA A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM LIGAÇÕES QUÍMICAS

Maurícus Selvero Pazinato  
*Universidade Federal do Pampa*

Mara Elisa Fortes Braibante, Ana Carolina Gomes Miranda  
*Universidade Federal de Santa Maria*

**RESUMO:** Neste trabalho foi avaliada a construção do conhecimento referente ao conceito de estabilidade química por estudantes do ensino médio brasileiro, que participaram de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem sobre ligações químicas. Para isso, baseou-se na teoria de Bachelard (2009) para a análise das concepções dos sujeitos ao longo da pesquisa, as quais foram avaliadas a partir das zonas filosóficas realista, empirista e racionalista. Os resultados indicaram que o conceito de estabilidade química pode constituir um obstáculo epistemológico para a aprendizagem das ligações químicas, a medida que os estudantes tendem a relacioná-lo com a regra do octeto.

**PALAVRAS CHAVE:** Estabilidade química, obstáculo epistemológico, zonas filosóficas.

**OBJETIVOS:** Analisar a evolução conceitual acerca do conceito de estabilidade química de estudantes do ensino médio, ao longo de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) sobre ligações químicas.

## MARCO TEÓRICO

Ao final do ensino médio brasileiro, o estudante deve compreender as ligações químicas como resultantes de interações eletrostáticas entre átomos, moléculas ou íons de forma a se obter uma maior estabilidade (Brasil, 2006). Pesquisas da área de ensino (Mortimer; Mol; Duarte, 1994; Franco; Ruiz, 2006) alertam para o fato que os estudantes desse nível não apresentam justificativas plausíveis e relacionadas com os aspectos energéticos para explicar a estabilidade de compostos químicos, o que torna-se um obstáculo para o estudo das ligações químicas.

Para Bachelard (2009), os obstáculos epistemológicos resultam da atividade cognitiva dos próprios estudantes, ou seja, de suas relações com o objeto de conhecimento. Eles configuram-se obstáculos na medida em que dificultam a abstração e objetivação dos conceitos.

A evolução do conhecimento implica na superação de obstáculos epistemológicos. Para Bachelard (2009), o conhecimento progride filosoficamente do realismo para o empirismo, desse para o racionalismo. O pensamento bachelardiano considera que um conceito científico particular encerra uma perspectiva filosófica completa, isto é, pode ser interpretado sob vários pontos de vista.

A coexistência de diferentes perspectivas filosóficas para um determinado conceito revela um pluralismo de ideias científicas, o que levou Bachelard a propor a noção do perfil epistemológico. Essa noção mostra as rupturas históricas na elaboração dos conceitos científicos e vislumbra os obstáculos que foram superados para a construção das teorias (Moreira; Massoni, 2011).

Bachelard (2009) utiliza a noção do perfil epistemológico para apresentar sua própria dispersão filosófica para o conceito de massa (Figura 1). Suas concepções acerca deste conceito coexistem e se apresentam em diferentes intensidades. No eixo das abscissas expõe as sucessivas filosofias e no eixo das coordenadas representa a intensidade de recorrência.

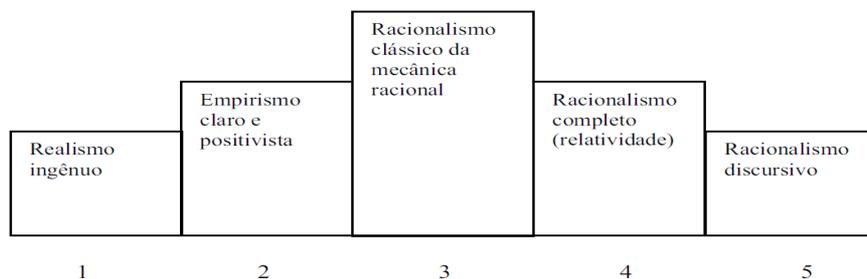


Fig. 1. Perfil epistemológico pessoal de Bachelard para o conceito de massa

Bachelard reconhece a importância que atribui à noção racionalista de massa. Na maioria das situações, esse conceito apresenta uma orientação clássica, mas por vezes, apresenta aspectos da mecânica relativista. Sobre as outras filosofias: realismo e empirismo, Bachelard refere-se como o “lado pobre da cultura” de seu espectro. Admitindo a grande importância que dá à noção empirista de massa, atribui isso a conduta da balança e retoma a época em que trabalhava com a Química e nos correios, onde pesava as cartas. Assim como todas as pessoas, Bachelard assume que possui noções realistas, caracterizadas por metáforas e pelo senso comum, em que a quantidade mais vaga é apresentada como uma massa precisa.

## METODOLOGIA

Este trabalho segue princípios da pesquisa qualitativa e teve como sujeitos 29 estudantes da 1ª série do ensino médio de duas escolas públicas da cidade de Santa Maria, RS, Brasil. Os dados foram coletados por meio de questionários aplicados antes, durante e após o desenvolvimento de uma SEA sobre o conteúdo de ligações químicas.

A SEA foi elaborada com base nas orientações de Méheut (2005), tendo como norte as dimensões epistêmicas e pedagógicas, que atendem quatro componentes básicos do processo de ensino e aprendizagem: o professor, os estudantes, o conhecimento científico e o mundo material. A SEA foi aplicada pelos professores titulares das turmas e organizada em quatro eixos, que são: Energia, Ligação iônica, Ligação covalente e Ligação metálica. Neste trabalho serão apresentados os resultados obtidos no eixo 1: Energia (Tabela 1).

Tabela 1.  
Problema, objetivos e atividades do eixo 1 da SEA

|              | PROBLEMA  | OBJETIVOS   | ATIVIDADES DESENVOLVIDAS   |
|--------------|---|---|--|
| Eixo Energia | Por que ocorre a formação de uma ligação química? | <p>Principal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Proporcionar o entendimento de que a formação das ligações químicas está associada a aspectos energéticos.</li> </ul> <p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Relacionar a liberação e absorção de energia com a formação e rompimento das ligações químicas durante as transformações químicas.</li> <li>– Entender o conceito de estabilidade química como uma consequência da diminuição da energia potencial dos átomos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Atividade experimental: Energia envolvida na formação e rompimento das ligações químicas.</li> <li>– Pesquisa em artigos e livros didáticos.</li> <li>– Atividades de modelagem: Construção de modelos que expressem a relação entre energia e formação de uma ligação química.</li> <li>– Discussão e debates sobre o problema inicial.</li> </ul> |

O eixo 1: Energia foi desenvolvido em quatro aulas, com duração de duas horas cada. A primeira aula consistiu na aplicação de um questionário que teve como propósito levantar as concepções dos estudantes sobre a relação entre energia, estabilidade e ligação química. Posteriormente, cada professor discutiu com sua turma o problema inicial e solicitou aos estudantes que escrevessem suas ideias sobre a problemática inicial. Na segunda aula foi desenvolvida a atividade experimental “Energia envolvida na formação e rompimento das ligações químicas”. O objetivo foi relacionar a formação e rompimento das ligações químicas com aspectos energéticos. Para esta atividade foi disponibilizado um roteiro com questões sobre as observações feitas experimentalmente, as quais foram respondidas a partir da leitura de artigos e livros didáticos.

Na terceira aula, foram feitas discussões sobre a formação e ruptura das ligações químicas associadas a aspectos energéticos. Após, foi desenvolvida a atividade de modelagem “Construção de modelos que expressem a relação entre energia e formação de uma ligação química”. Foi solicitado aos estudantes que representassem de forma concreta a energia envolvida em três situações: I - átomos completamente separados; II - átomos se aproximando; III - átomos muito próximos (constituindo uma ligação química). Para o desenvolvimento desta atividade foram disponibilizados os materiais: massa de modelar, palitos, molas, barbante, fio de cobre, caixas de papelão, etc. Na quarta aula, os professores retomaram a questão inicial e os estudantes apresentaram os modelos construídos anteriormente. O propósito foi analisar os modelos elaborados para uma possível reelaboração caso necessário. Por fim, foi aplicado um questionário com perguntas relacionadas: ao gráfico da energia versus distância entre núcleos dos átomos, à relação entre aumento ou diminuição da energia do sistema com a ruptura ou formação de ligações químicas e ao conceito de estabilidade química.

A SEA prosseguiu com os três eixos seguintes, tendo duração de seis aulas cada. Na última aula foi aplicado um questionário final envolvendo todos assuntos abordados na SEA.

A análise dos dados ocorreu antes, durante e após a abordagem do conteúdo de ligações químicas em sala de aula. Inicialmente as respostas foram lidas, transcritas em planilhas e agrupadas em categorias. Esse processo foi feito nas três fases da pesquisa.

Após, as categorias foram classificadas em zonas filosóficas, que podem ser realista, empirista ou racionalista. Dentro de cada uma destas zonas, foram elaborados níveis hierárquicos com base na compreensão dos conceitos e no estabelecimento de relações pelos estudantes (Tabela 2).

Tabela 2.  
Zonas filosóficas e níveis hierárquicos

| ZONA FILOSÓFICA  | NÍVEIS HIERÁRQUICOS   |
|--|---|
| <p>Realismo</p> <p>Conceito de estabilidade química impregnado de noções não científicas e do senso comum.</p>   | Nível I   |
|  | – Noções não científicas, que não fazem sentido para a Ciência, como “ <i>átomos são moléculas [...]</i> ”.   |
|  | Nível II  |
|  | – Estabilidade química concebida como: lugar físico, estado de espírito ou emocional;<br>– Estabilidade química como sinónimo das palavras “ <i>equilíbrio</i> ”, “ <i>estar bem</i> ”, “ <i>na mesma sintonia</i> ”.   |
| <p>Empirismo</p> <p>A estabilidade química está associada à observações, provenientes de experiências dos sujeitos em atividades experimentais, discussões em sala de aula, resolução de exercícios, etc. Não há um emprego racional de conceitos, e sim, aplicações de regras gerais e automáticas.</p> | Nível I   |
|  | Induções a partir de dados experimentais e aplicação de regras gerais, exemplos:<br>– “ <i>Para alcançar a estabilidade, absorveu energia, pois aqueceu o tubo de ensaio em que ocorreu a formação da ligação química</i> ”.<br>– “ <i>Estabilidade química é quando dois átomos ou mais se juntam para ter estabilidade, assim como os gases nobres</i> ”.   |
|  | Nível II  |
|  | Induções a partir de dados experimentais e aplicação de regras gerais associadas aos aspectos energéticos, exemplos:<br>– “ <i>Quando há formação de ligação química, aquece o tubo de ensaio e libera energia. Neste momento, os átomos estão estáveis com 8 elétrons</i> ”.<br>– “ <i>Estabilidade química consiste em ter o octeto de elétrons completo na camada de valência e para isso ocorre a liberação de energia</i> ”. |
| <p>Racionalismo</p> <p>A estabilidade química é entendida como uma consequência da união entre átomos, que ocorre com diminuição da energia potencial do sistema. São estabelecidas explicações embasadas em modelos teóricos e várias relações com outros conceitos.</p>                                | Nível I   |
|  | São estabelecidas duas relações:<br>– A estabilidade química é atingida por meio da união dos átomos e está relacionada com a diminuição de energia.  |
|  | Nível II  |
|  | São estabelecidas três ou mais relações:<br>– Os átomos realizam ligações químicas para atingir a estabilidade e a associam com a diminuição de energia potencial do sistema. Interpretam as etapas de formação de uma ligação química e compreendem que essa ocorre com liberação de energia e a ruptura ocorre com absorção.  |

É perceptível que o grau de complexidade das categorias aumenta no sentido do realismo - nível I ao racionalismo - nível II.

## RESULTADOS

Em relação às zonas filosóficas, as ideias dos estudantes progrediram ao longo das fases da pesquisa conforme o gráfico apresentado na Figura 2.

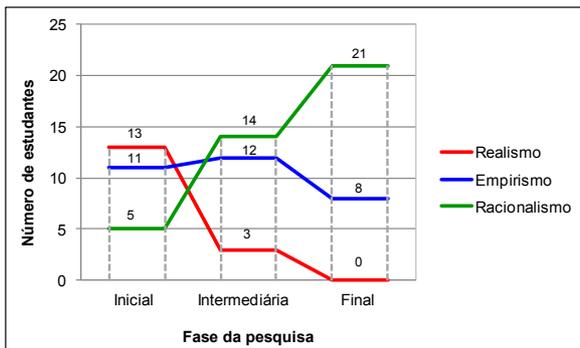


Fig. 2. Concepções sobre Estabilidade química por zona e fase da pesquisa

Observa-se uma mudança em relação à zona filosófica predominante nas fases inicial e final. Inicialmente, predominaram ideias realistas e carregadas de senso comum (44,8%), seguidas pelas noções embasadas na observação e na experiência (37,9%) e, por fim, em menor número (17,3%), as ideias racionalistas. Já na fase intermediária é possível observar uma forte tendência das zonas extremas, que se confirma na fase final, em que 72,4% dos sujeitos da SEA apresentaram concepções racionalistas, enquanto que nenhum apresentou ideias realistas.

Posteriormente a avaliação das categorias em zonas, elas foram reavaliadas considerando os níveis hierárquicos elaborados para a estabilidade química (Figura 3).

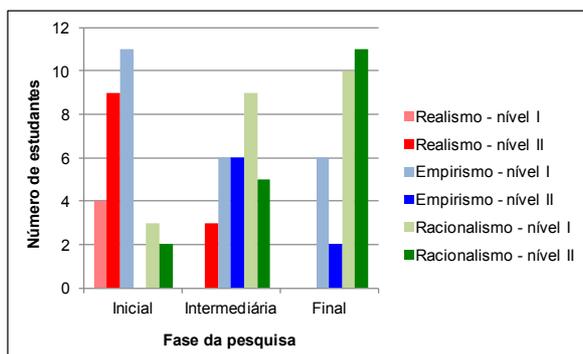


Fig. 3. Concepções sobre Estabilidade química por zona e nível

A análise das categorias por zona e nível confirma que o pensamento dos estudantes avançou no sentido de uma maior racionalidade. As categorias classificadas em racionalismo - nível II corresponderam a 6,9% na fase inicial, 17,2% na fase intermediária e 37,9% na fase final. Essa mesma tendência foi observada para as categorias classificadas como racionalista - nível I, que para cada fase da pesquisa foi correspondente a 10,3% (fase inicial), 31,0% (fase intermediária) e 34,5% (fase final). Ressalta-se que esses estudantes desenvolveram um pensamento mais complexo e coerente com a teoria científica e romperam com ideias gerais, comumente difundidas quando se trata da estabilidade. Bachelard (2009) denominou essas ideias de obstáculo do “conhecimento geral”, pois buscam explicar os fenômenos a partir de uma única lei ou regra.

Os resultados revelam uma diminuição no número de estudantes com ideias empiristas. No entanto, identificou-se um índice constante que associou a estabilidade química ao octeto de elétrons (qua-

tro sujeitos nas três fases). Apesar disso, verificou-se que nas fases intermediária e final, dois deles, além de se basearem na regra do octeto, associaram a formação de ligações químicas com a diminuição de energia, o que resultou na ascensão de suas ideias para a zona empirista - nível II. Esse resultado corrobora com o encontrado por outras pesquisas (Mortimer; Mol; Duarte, 1994; Franco; Ruiz, 2006) que inferem que o “crédito” pela estabilidade química atribuído à regra do octeto não é facilmente abalado.

## CONCLUSÕES

A construção do conhecimento ocorreu mediante a superação de obstáculos epistemológicos relacionados à observação primeira, tais como: estabilidade química concebida como um lugar físico ou associações entre o termo científico e significados semânticos da palavra estabilidade. Entretanto, apesar de a SEA não fazer menção à regra do octeto, essa foi utilizada por 27,6% dos estudantes, que tiveram suas respostas classificadas como empiristas. Neste contexto, a regra do octeto se destacou como principal obstáculo epistemológico para a construção do conhecimento em ligações químicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHELARD, G. (2009). *A filosofia do não: Filosofia do Novo Espírito Científico*. Trad. de Joaquim J. M. Ramos. Lisboa: Editorial Presença.
- (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. de Estela S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto.
- BRASIL. (2006). Ministério da Educação. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 2, 135 p.
- FRANCO, A.G.; RUIZ, A.G. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 111-124.
- MÉHEUT, M. (2005). Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: Boersna, K.; Goedhart, M.; Jong, O.; Eijkelhof, H. (Org.). *Research and the quality of science education*. Springer Netherlands, p. 195-207.
- MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T. (2011). *Epistemologias do século XX*. São Paulo: E.P.U.
- MORTIMER, E.F.; MOL, G.; DUARTE, L.P. (1994). Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: Dogma ou Ciência? *Química Nova*, 17(2), 243-252.